

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 10 月 13 日 (13.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/095680 A1

- (51) 国際特許分類: C30B 29/06, 15/14
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006321
- (22) 国際出願日: 2005 年 3 月 31 日 (31.03.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-105341 2004 年 3 月 31 日 (31.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コマツ電子金属株式会社 (KOMATSU DENSHI KINZOKU KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒2540014 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 飯田 哲広 (IIDA,

Tetsuhiro) [JP/JP]; 〒2540014 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内 Kanagawa (JP). 野田 暁子 (NODA, Akiko) [JP/JP]; 〒2540014 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内 Kanagawa (JP). 富岡 純輔 (TOMIOKA, Junsuke) [JP/JP]; 〒2540014 神奈川県平塚市四之宮 3 丁目 2 5 番 1 号 コマツ電子金属株式会社内 Kanagawa (JP).

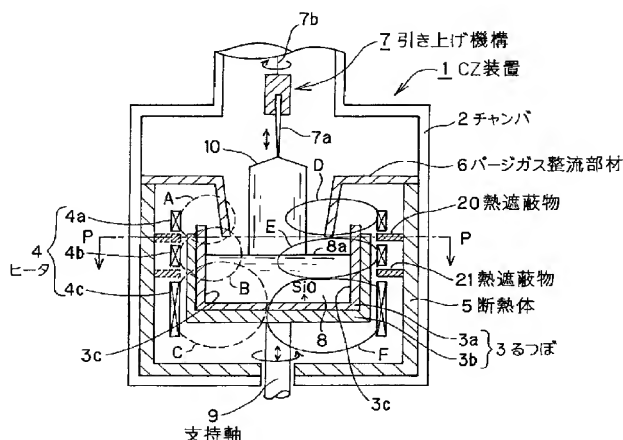
(74) 代理人: 木村 高久, 外 (KIMURA, Takahisa et al.); 〒1040043 東京都中央区湊 1 丁目 8 番 1 1 号 千代ビル 6 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR SINGLE CRYSTAL MANUFACTURING EQUIPMENT AND GRAPHITE CRUCIBLE

(54) 発明の名称: 半導体単結晶製造装置および黒鉛のつぼ



- 4... HEATER
9... SUPPORTING SHAFT
7... PULL UP MECHANISM
1... CZ EQUIPMENT
2... CHAMBER
6... PURGE GAS RECTIFYING MEMBER
20... HEAT SHIELD
21... HEAT SHIELD
5... HEAT INSULATOR
3a, 3b... CRUCIBLE

(57) Abstract: Provided is a semiconductor manufacturing equipment, by which single crystals having a high oxygen concentration to a low oxygen concentration can be manufactured to be used as a wafer material for semiconductor integrated circuits, within a prescribed oxygen concentration standard range, at an excellent yield. Heat shields (20, 21) are provided over the entire circumference of an annular area between adjacent heaters (4a, 4b, 4c), which heat a crucible (3) from the circumference side. The heat shields (20, 21) localize each heating area of the heaters, and temperature distribution of the crucible (3) and a melt (8) in the crucible are actively controlled. Thus, the single crystals having a high oxygen concentration to a low oxygen concentration can be manufactured within the prescribed oxygen concentration standard range at the excellent yield.

(57) 要約: 半導体集積回路用ウェーハの材料となる高酸素濃度の単結晶から低酸素濃度の単結晶まで、所定の酸素濃度規格範囲で歩留まりよく製造できる半導体単結晶製造装置を提供する。るつぼ 3 を側周側から加熱するヒータ 4 a、4 b、4 c のそれぞれ隣接するヒータの間の円環状領域の全周に渡って熱遮蔽物 20、21 が設けられている。熱遮蔽物 20、21 により、前記ヒータの各加熱領域を局所化し、るつぼ 3 およ

びるつぼ内融液 8 の温度分布を能動的に制御することで、高酸素濃度の単結晶から低酸素濃度の単結晶まで、所定の酸素濃度規格範囲で歩留まりよく製造することができる。



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

半導体単結晶製造装置および黒鉛るつぼ

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウェーハの材料となるシリコン単結晶等の半導体単結晶製造装置に関し、特に、チョクラルスキー法による半導体単結晶製造装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体集積回路においては、重金属汚染対策あるいは各種品質歩留まり向上のために、所定の酸素濃度を有するシリコンウェーハが必要とされるが、そのようなシリコンウェーハの材料であるシリコン単結晶は、チョクラルスキー法による単結晶製造装置(以下、CZ装置という)によって製造することができる。

[0003] このCZ装置においては、まずチャンバ内に配置したるつぼ内に単結晶用原料を充填し、不活性パージガスをチャンバ内に導入しながらこの原料をるつぼの外側に設けたヒータで加熱溶融する。この溶融した融液に種結晶を浸漬してなじませた後、この種結晶を回転させつつ上方に引き上げて種結晶の下端に単結晶を成長させる。

[0004] 上記CZ装置を用いて製造したシリコン単結晶中の酸素の大部分はるつぼの材料の石英から供給される。

[0005] すなわち、高温状態でシリコン融液とるつぼの内面が接する接湯面で、るつぼ材料の石英(SiO_2)と融液のシリコン(Si)はたえず反応し、るつぼ表面から揮発性の酸化ケイ素(SiO)が溶出酸素として融液中に溶出する。この溶出酸素は、揮発性の SiO として融液表面から蒸発するとともに、るつぼの回転による融液の強制対流、るつぼおよびるつぼ内融液の温度分布(以下、「るつぼ内温度分布」という)による熱対流等で攪拌され、その一部は引き上げる単結晶の成長界面に輸送されて単結晶中に取り込まれる。

[0006] さて、実際のシリコン単結晶製造においては、単結晶中への酸素の取り込み量は、各種製造条件、たとえば SiO の反応速度、パージガス条件、融液の残量、ヒータ加熱条件等に複雑に関係しており、所定の酸素濃度範囲内の単結晶を高歩留まりで製造することはなかなか困難である。

- [0007] そこで従来、シリコン単結晶の酸素濃度制御法として、るつぼの回転速度と融液中の酸素濃度の関係に着目した方法、パージガスの圧力、流量、流速条件とSiO蒸発量との関係に着目した方法、あるいはるつぼ内印加磁場と融液中の酸素濃度の関係に着目した方法等が提案され、実行されてきた。
- [0008] さらに、特許文献1～4には、上記方法に替わる有力な酸素濃度制御法として、以下に概略するように、複数ヒータによって上述した「るつぼ内温度分布」を制御することで、引き上げるシリコン単結晶の酸素濃度を制御する方法や装置が開示されている。
- [0009] 特許文献1には、るつぼの側周に沿って上下方向に複数段に互ってヒータを設け、単結晶引上げの進行状態に応じてこれらのヒータのそれぞれに適宜電力を供給することで、溶出酸素量と酸素溶出領域を適宜制御し、単結晶中の酸素濃度を所定の範囲内に制御する装置が開示されている。単結晶製造工程の前半にるつぼ底部の融液を一時固化し、るつぼの底部から溶出する溶出酸素量を制御することが特徴となっている。
- [0010] 特許文献2には、るつぼの側周に沿って上下方向にヒータを複数段設け、融液の表面の高さを最上ヒータの加熱領域内に保ちながら、全ヒータの出力に対する最上ヒータの出力の比率を所定の値以上に設定し、るつぼ底部の温度をるつぼ上部の温度より常に低く制御することで、るつぼ底部の酸素溶出量を抑制して、目標とする酸素濃度の単結晶を高い収率で製造する方法が開示されている。
- [0011] 特許文献3には、遮蔽部材を有する装置において、るつぼの側周と底部に沿って設けた複数ヒータの出力を独立に制御することによって、融液の高温域が上記遮蔽部材によって高温側にシフトするのを抑制しながら、精細に単結晶中の酸素濃度を制御して単結晶を製造する方法が開示されている。
- [0012] 特許文献4には、石英るつぼの側面の上下3段にそれぞれヒータを設け、各ヒータの電気抵抗を異ならせ、共通の電源から各ヒータに電力を供給することで、各ヒータで発生する発熱量を異ならせて、単結晶シリコンの酸素濃度を制御するという発明が記載されている。

特許文献1:特開昭62-153191号公報

特許文献2:特許3000923号公報

特許文献3:特許2681115号公報

特許文献4:特開2001-39792号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0013] ところで、近年、半導体集積回路がますます多様化するとともに、従来要求されてきた酸素濃度範囲よりさらに広い酸素濃度範囲を有するシリコンウェーハの需要が高まり、そのためこのような仕様に合ったシリコン単結晶を安価に量産できるCZ装置の必要性が高まってきた。
- [0014] その中であって、上記回転速度と融液内酸素濃度の関係を利用する方法やパージガス条件を利用する方法の場合、酸素濃度制御幅が狭すぎて上記した広い酸素濃度のシリコン単結晶を歩留まりよく製造できないという問題がある。磁場発生装置を利用する方法の場合、装置が高価であり、設置場所を取り、さらには維持費用が高いため、シリコン単結晶を安価に製造できないという問題がある。
- [0015] また、上掲した四つの公報の発明は、上記方法の有する問題をある程度解決するものの、現在要求されている広い酸素濃度範囲のシリコン単結晶を歩留まりよく製造するには不十分であることが分かってきた。
- [0016] 複数ヒータを利用する装置の場合、上記した広い酸素濃度範囲のシリコン単結晶を高歩留まりで製造するためには、「るつぼ内温度分布」を能動的に制御して、所定の場所に所定量の溶出酸素を生成させ、この溶出酸素を適切に形成した熱対流で所定の領域に輸送させることが重要な鍵となる。
- [0017] しかしながら、上記いずれの公報の発明においても隣接ヒータのそれぞれの加熱領域が重なり合ってしまう、各ヒータの出力を独立して変化させても「るつぼ内温度分布」を能動的に付与することができないので、広い酸素濃度範囲で精密な制御を行い、歩留まりの高いシリコン単結晶を製造することは困難である。
- [0018] たとえば上記特許文献4に示される方法では、ヒータ単位で抵抗値を異ならせヒータ単位で発熱量を異ならせるというものであり、単結晶シリコンの成長方向の温度分布の変化範囲は、個々のヒータの高さ、ヒータの個数によって規定されてしまい、「る

つぼ内温度分布」を大きく変えることができない。このため、単結晶シリコンの酸素濃度の制御幅は十分な広さとはいえず、半導体製品の歩留まりは、満足できるものではない。

[0019] 本発明は上記問題に鑑みなされたものであり、複数のヒータを用いて、単結晶シリコンの酸素濃度を制御するに際して、上下に隣接する複数のヒータの加熱領域を局所化し、るつぼおよびるつぼ内融液の温度分布を制御性よく得ることで、高酸素濃度の単結晶から低酸素濃度の単結晶まで、所定の酸素濃度規格範囲で歩留まりよく製造でき、かつ安価な半導体単結晶製造装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0020] 以上のような目的を達成するために、第1発明においては、半導体単結晶の原料の融液を貯留するるつぼと、前記原料を加熱溶解するために前記るつぼの外側にあつて上下方向の異なる位置に設けられた複数のヒータとを備えたチョクラルスキー法による半導体単結晶製造装置において、前記複数のヒータの外側に対向し存在する対向物と前記るつぼの間の空間またはその空間近傍に熱遮蔽物が設けられていることを特徴としている。

[0021] 第2発明は、第1発明において、前記複数のヒータの外側に対向し存在する対向物が断熱材であることを特徴としている。

[0022] 第3発明は、第1発明において、前記熱遮蔽物は、複数ヒータの間隙またはその間隙近傍の位置に設けられていることを特徴としている。

[0023] 第4発明は、第1または第2発明において、前記各ヒータは、独立して電力が供給され、全ヒータによる発熱分布のうち、相対的に発熱量が少ない領域近傍の位置に前記熱遮蔽物が設けられていることを特徴としている。

[0024] 第5発明は、第4発明において、前記発熱量の少ない領域は、上側に位置するヒータについては、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が相対的に発熱量が少なくなるように、ヒータ各部における抵抗値が調整され、下側に位置するヒータについては、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が相対的に発熱量が少なくなるように、ヒータ各部における抵抗値が調整されていることを特徴としている。

[0025] 第6発明は、第1乃至第5発明において、前記るつぼの全周に渡って前記熱遮蔽

物が設けられていることを特徴としている。

[0026] 第7発明は、第1乃至第5発明において、前記熱遮蔽物を構成する材料が黒鉛繊維材又は黒鉛を含むことを特徴としている。

[0027] 第8発明は、熱遮蔽物がるつぼの外側に設けられていることを特徴とする黒鉛つぼであることを特徴としている。

発明の効果

[0028] 第1および第2発明によれば、前記複数のヒータの外側に対向し存在する対向物と前記るつぼの間の空間またはその空間近傍に熱遮蔽物が設けられているので、ヒータから放射される熱放射の方向性(指向性)を高めることができ、ヒータの加熱領域を局所化できるので、るつぼおよびるつぼ内融液の温度分布(「るつぼ内温度分布」)を能動的に付与することができる。

[0029] 第3発明によれば、図1に示すように、熱遮蔽物20を配置したことにより隣接するヒータ4a、4bのそれぞれの加熱領域を、また、熱遮蔽物21を配置したことにより隣接するヒータ4b、4cのそれぞれの加熱領域を局所化できるので、るつぼ内温度分布を能動的に付与できる。

[0030] 第4発明によれば、前記各ヒータは、独立して電力が供給され、全ヒータによる発熱分布のうち、相対的に発熱量が少ない領域近傍の位置に前記熱遮蔽物が設けられているので、ヒータの所定領域の熱放射の指向性を高めることができる。

[0031] 第5発明によれば、図10に示すように、熱遮蔽物は、相対的にヒータの発熱量が少ない中間領域のヒータ外周部近傍の略中央部に設けられているので、側面上段ヒータでるつぼの上側領域を高温に、また側面下段ヒータでるつぼの下側領域を高温にすることができるとともに、熱遮蔽物を設けたことにより、側面上下段ヒータの熱放射の指向性を高めることができるので、るつぼ内温度分布を能動的に付与することができる。

[0032] 第6発明によれば、たとえば図1において、るつぼ3の全周に渡って熱遮蔽物20、21が設けてあるので、熱遮蔽効果を十分に発揮できる。

[0033] 第7発明によれば、熱遮蔽物に用いる材料の断熱性が高く、熱的に安定なので、隣接ヒータ間の相互熱干渉を効果的に抑制することができるとともに、単結晶の汚染

を回避することができる。

- [0034] 第8発明によれば、熱遮蔽物がるつぼの外側に設けられているので、第1発明の装置に適用した場合、るつぼ内温度分布を効果的に制御することができる。

図面の簡単な説明

- [0035] [図1]本発明の実施例を説明するための概念図である。
[図2]本発明の装置と従来装置による低酸素濃度側における比較実験結果を示す図である。
[図3]本発明の装置と従来装置による高酸素濃度側における比較実験結果を示す図である。
[図4]本発明のほかの実施例を説明するための概念図である。
[図5]本発明のさらに他の実施例を説明するための概念図である。
[図6]本発明の他の実施例を説明するための概念図である。
[図7]本発明の熱遮蔽ブロックを用いた熱遮蔽物を説明するための横断面概念図である。
[図8]本発明のほかの実施例を説明するための概念図である。
[図9]本発明のほかの実施例におけるヒータ構造を説明するための概念図である。
[図10]本発明のほかの実施例を説明するための概念図である。
[図11]本発明のほかの実施例におけるヒータ構造を説明するための概念図である。

符号の説明

- [0036] A～C、H、J 従来装置のヒータの加熱領域
D～F、G、I 本発明の装置のヒータの加熱領域
G1～G4 パージガスの流れ方向
1 CZ装置
2 チャンバ
3 るつぼ
3a 石英るつぼ
3b 黒鉛るつぼ
3c 接湯面

- 4 側面ヒータ
- 5 断熱体
- 6 パージガス整流部材
- 7 引上げ機構
- 8 シリコン融液
- 9 支持軸
- 10 シリコン単結晶
- 14 ボトムヒータ
- 20～25、80、100 熱遮蔽物
- 20a 熱遮蔽ブロック

発明を実施するための最良の形態

[0037] 以下に、本発明に係わる半導体単結晶製造装置および黒鉛るつぼについて、図面を参照して説明する。

実施例 1

[0038] 図1は、本発明の実施例1を説明するための半導体単結晶製造装置の断面図である。

[0039] CZ装置1は、チャンバ2内に配置したるつぼ3、るつぼ3の外側周に設けた側面ヒータ4、側面ヒータ4の外周に設けた断熱体5、るつぼ3の近傍に配置したパージガス整流部材6、および単結晶引き上げ機構7をおもな構成要素としている。

[0040] るつぼ3は二重構造になっており、シリコン融液8を内側に貯留するための石英(SiO₂)るつぼ3aに、石英るつぼ3aと相似形の黒鉛(カーボン)るつぼ3bが外嵌している。融液8と石英るつぼ3aの内表面は接湯面3cでもって接触している。また、るつぼ3の底部は回転および昇降が可能な支持軸9で支持されており、これにより、回転して融液8の強制対流を起こすとともに、シリコン単結晶10の製造中に融液表面8aを略同一平面位置に維持することができる。

[0041] 側面ヒータ4は、上ヒータ4a、中ヒータ4b、下ヒータ4cの3個のヒータで構成されている。各ヒータは内径と外径を同じとし、所定の厚みを有する円筒形状の黒鉛ヒータで、上下方向に所定の間隔を保ってるつぼ3と同心にるつぼ3の側面に配置されて

いる。また、るつぼ3を効率よく加熱できるように、黒鉛るつぼ3bの外周側面に近接した態様で配置されている。

[0042] なお、本願発明の装置に用いるヒータの材質としては、導電性のある材質で、通電加熱ができ、汚染発生源にならないものであれば、黒鉛以外の材質であってもよい。たとえばC/Cコンポジット(炭素繊維強化炭素複合材料)であってもよい。

[0043] 断熱体5は、側面ヒータ4の発する熱を逃がさず、るつぼ3を効率よく加熱するためのもので、チャンバ2の円筒形状の内周側面と平面形状の底面を所定の厚みで覆う構造をしている。

[0044] なお、側面ヒータ4の外周には、断熱体5のほかにも、たとえば導入したパージガスを排気するための排気筒等の部材が配置される場合もある。以下において、側面ヒータ4の外周には断熱体5のみ配置されている場合についてまず説明し、排気筒等の部材が配置された場合については、そのあとに述べる。

[0045] パージガス整流部材6は、図示しないチャンバ2の上部に設けた不活性パージガス導入口から導入したパージガスをシリコン融液表面8a上方で整流させるためのものである。

[0046] 単結晶引上げ機構7は、回転および昇降が可能な引上げ軸7bを有しており、その下端に種結晶7aを固定することができる。

[0047] ここまでは従来の複数ヒータを用いた半導体単結晶製造装置と同じであるが、実施例1の場合、図1において、熱遮蔽物20が、上下に隣接するヒータ4aとヒータ4bの間隙の位置であって、隣接するヒータの相互熱干渉を抑制し、隣接するヒータの加熱領域を局所化させる位置に設けられている。同様に、熱遮蔽物21が、上下に隣接するヒータ4bとヒータ4cの間隙の位置であって、隣接するヒータの相互熱干渉を抑制し、隣接するヒータの加熱領域を局所化させる位置に設けられている。

[0048] すなわち、実施例1では、上下に隣接するヒータのすべての間隙(ここでは二箇所)に熱遮蔽物が配設されている。

[0049] また、熱遮蔽物20、21は、るつぼ3の全周に渡って設けられている。

[0050] 熱遮蔽物20は円環(円筒)形状に形成されており、その内径が側面ヒータ4の内径とほぼ一致しており、その外径が断熱体5の内周径とほぼ一致している。また、ヒータ

4aの下端と熱遮蔽物20の上面およびヒータ4bの上端と熱遮蔽物20の下面が所定の距離離間した態様で配設できるように厚み(肉厚)が設定されている。

[0051] 同様に、熱遮蔽物21も円環形状に形成されており、その内外径を熱遮蔽物20の内外径とほぼ同じとしている。また、ヒータ4bの下端と熱遮蔽物21の上面およびヒータ4cの上端と熱遮蔽物21の下面が所定の距離離間した態様で配設できるように厚みが設定されている。

[0052] 熱遮蔽物20、21の材料としては、高温環境において汚染源にならず、断熱性が高いものほど好ましい。そのような材料として黒鉛または黒鉛繊維材があるが、黒鉛繊維材を黒鉛で覆う構造の熱遮蔽物であればさらに好ましい。

[0053] なお、熱遮蔽物20、21は、熱遮蔽効果を低減させないように、複数の支持ロッド等を介してチャンバ2の内部部品に固定しておくことが望ましい。この点は他の実施例においても同様であり、以下においてはこれに関する説明を省く。

[0054] 次に、熱遮蔽物20、21を配設したことで得られる作用効果を説明する。

[0055] 背景技術で述べたように、従来の装置に組み込まれた複数ヒータは、それぞれ独立に出力を変えられるものの、隣接するヒータの加熱領域が相互熱干渉してしまい、各ヒータの加熱領域を局所化して温度制御することができなかった。

[0056] これに対して、実施例1の場合は、隣接するヒータの間またはその近傍に熱遮蔽物20、21を設けたことにより、ヒータ間の相互熱干渉が効果的に抑制されるので、それぞれのヒータの加熱領域を十分局所化して温度制御することができる。

[0057] 実施例1と従来の装置の加熱領域を比較できるように、図1において、左側のヒータでは従来の各ヒータの加熱領域(破線A, B, C)、右側のヒータでは本発明の各ヒータの加熱領域(実線D, E, F)を模式的に示した。但し、対応する左右の各ヒータの出力は同じと仮定している。

[0058] 従来の装置の場合、図1の断面において、各ヒータの間隙またはその間隙近傍に熱遮蔽物がないので、各ヒータからの熱放射は円形状に放射され、隣接するヒータの加熱領域と重なる部分が多い。これに対して、実施例1の場合、熱遮蔽物20、21が配設されたことにより、各ヒータからの熱放射は方向性(指向性)を持つようになるので、加熱領域が局所化され、隣接するヒータの加熱領域と重なる部分が小さくなる

。すなわち、本実施例の場合、熱遮蔽物20、21は隣接ヒータの相互熱干渉を抑制することができる。

[0059] しかも両装置のそれぞれ対応するヒータ出力を同じとした場合、実施例1のヒータは熱放射の方向性を持っているので、従来のヒータに比べてより遠い領域まで局所加熱することができる。よって、実施例1によれば、従来の装置に比べてより広く、また遠い領域の「るつぼ内温度分布」を能動的に温度制御することができる。

[0060] 本発明の装置を用いれば、シリコン単結晶中の酸素濃度を以下のようにして広範囲に亘って能動的に制御することができる。

[0061] 上述したように、シリコン単結晶中の酸素濃度は、融液に溶出されたSiOの溶出量と単結晶の成長界面への溶出酸素の輸送の仕方に深く関係している。

[0062] そこで、本実施例の装置を用いて単結晶の成長界面に溶出酸素をできるだけ多く取り込むためには、るつぼ底部の接湯面積が大きく、また、融液表面8aの中央に引上げ成長させる単結晶10の成長界面があることを考慮して、次のようにすればよい。

[0063] すなわち、るつぼ底部およびその付近にある融液を局所加熱して、るつぼ底部付近の接湯面でるつぼ材料の石英(SiO₂)と融液のシリコン(Si)との反応を促進させ、より多くの溶出酸素を溶出させる。それと同時に、各ヒータの出力を調整してるつぼおよびるつぼ内融液に所定の温度分布を付与し、るつぼ底部の接湯面から溶出した溶出酸素を、蒸発物として散逸させないで単結晶10の成長界面にすみやかに輸送させる熱対流を形成する。

[0064] 逆に、単結晶中の酸素濃度をできるだけ小さくするためには、各ヒータの出力を調整して、るつぼ底部から溶出する溶出酸素量を抑制するとともに、接湯面から溶出する溶出酸素を蒸発物としてできるだけ散逸させ、融液内酸素濃度を低下させると同時に、溶出酸素を単結晶の成長界面にすみやかに輸送させないような熱対流を形成させればよい。

[0065] 図2に、上記説明した実施例1の装置および従来の装置による低酸素側におけるシリコン単結晶の酸素濃度の比較実験結果を示す。

[0066] 図2において、横軸は引き上げた単結晶の成長初期(0%)から成長終了(100%)までの結晶長(固化率)を表し、縦軸は単結晶中の酸素濃度(任意値)を表している。

斜線部は低酸素濃度ウェーハに用いられるシリコン単結晶中の酸素濃度規格範囲であり、この範囲にある単結晶が良品となる。図中の実線は実施例1による改善データを、破線は従来の装置による従来データを表している。

[0067] 図2に示されるように、従来の装置は低酸素側の限界点が高いため、成長初期の単結晶の酸素濃度を規格範囲内に収めることができず、結晶長が約20%になった時点でやっと良品となる。また、結晶長が約70%になった時点で再び酸素濃度が高くなってしまい、それ以後の部分は不良品となる。

[0068] 一方、実施例1の装置の場合、上述したように、低酸素側の限界点を従来より下げることができるので、成長初期から良品であり、結晶長が約85%になるまで酸素濃度の規格範囲内に収まっている。結果として良品率が約35%改善されている。

[0069] 図3に、実施例1の装置と従来の装置による高酸素側におけるシリコン単結晶の酸素濃度の比較実験結果を示す。

[0070] 同図3に示されるように、従来の装置は高酸素側の限界点が低いため、引き上げたシリコン単結晶は、成長初期は良品であるものの、結晶成長とともにるつぼ内融液の酸素濃度が漸減する傾向にあるために、結晶長が約55%となったところで酸素濃度規格範囲からはずれ、それ以後の部分は不良品となってしまう。

[0071] 一方、実施例1の装置は上述した方法により高酸素濃度側の限界点を従来より上げることができるので、成長初期から結晶長が約73%までの範囲は良品となっており、良品率が約18%改善されている。

[0072] このように、実施例1の装置によれば、高酸素濃度シリコン単結晶であっても低酸素濃度シリコン単結晶であっても、従来の装置に比較して大幅に歩留まりを向上させて製造することができる。また、従来は製造できなかった高酸素濃度あるいは低酸素濃度のシリコン単結晶を製造することができる。

[0073] 高酸素濃度と低酸素濃度の間にある所望の酸素濃度のシリコン単結晶は、上記局所加熱できる各ヒータによって、るつぼおよびるつぼ内融液の温度分布を適宜調整して製造することができる。

[0074] なお、実施例1の装置では、所定のヒータの加熱領域を局所化できるので、従来の装置より効率のよい加熱制御を行うことができ、シリコン単結晶製造に要する消費電力

を低減できる利点もある。

実施例 2

[0075] 図4は、本発明のほかの実施例を説明するための概念図である。

[0076] 図4において、実施例2のCZ装置1は、実施例1のCZ装置1と同様、チャンバ2の内部にるつぼ3、側面ヒータ4(上ヒータ4a、中ヒータ4b、下ヒータ4c)、断熱体5等を組み込んだ構造をしており、図1と共通する部分については同じ符号が記してある。以下において、それらについての説明を省き、それ以外の部分について詳述する。

[0077] 実施例2の場合、熱遮蔽物22が、上下に隣接するヒータ4aとヒータ4bの間隙近傍の位置であって、隣接するヒータの相互熱干渉を抑制し、隣接するヒータの加熱領域を局所化させる位置に設けられている。同様に、熱遮蔽物23が、上下に隣接するヒータ4bとヒータ4cの間隙近傍の位置であって、隣接するヒータの相互熱干渉を抑制し、隣接するヒータの加熱領域を局所化させる位置に設けられている。

[0078] 熱遮蔽物22、23は円環(円筒)形状に形成されており、それぞれの内径が側面ヒータ4の外径とほぼ一致し、それぞれの外径が断熱体5の内周径とほぼ一致している。また、熱遮蔽物22、23の厚み(肉厚)は、それぞれ実施例1の熱遮蔽物20、21と同じ厚みに設定されている。なお、熱遮蔽物22、23の内周径を側面ヒータ4の外径より大きくし、側面ヒータ4に接触するおそれを回避するとともに、熱遮蔽物22、23の厚みを実施例1の熱遮蔽物20、21より大きく取ることもできる。

[0079] 上記構造にしたことにより、隣接するヒータの相互熱干渉を抑制する効果は実施例1の場合より幾分弱まるものの、従来に比べて各ヒータの加熱領域を十分局所化することができる。

[0080] また、実施例2の場合、実施例1に比べ、チャンバ2内への熱遮蔽物22、23の取り付けあるいは取り外しが容易になるとともに、熱遮蔽物が高電圧のヒータと接触して通電したり、あるいは両者間で異常放電したりするおそれを回避することができる利点がある。

実施例 3

[0081] 図5は、さらに本発明のほかの実施例を説明するための概念図である。

[0082] 実施例3のCZ装置1は、実施例1のCZ装置1と同様、チャンバ2の内部にるつぼ3

、側面ヒータ4(上ヒータ4a、中ヒータ4b、下ヒータ4c)、断熱体5等を組み込んだ構造をしており、図1と共通する部分については同じ符号が記してある。以下において、それらについての説明を省き、それ以外の部分について詳述する。

[0083] 実施例3の場合、側面ヒータとともに、下ヒータ4cより下方位置に、ボトムヒータ14が支持軸9を同心に包囲して設けられている。また、実施例1で説明した熱遮蔽物20、21とともに、下ヒータ4cとボトムヒータ14の間隙には熱遮蔽物24が設けられている。

[0084] ボトムヒータ14は所定の厚みを有して円環形状に形成されており、その内径は支持軸9の外径より大きく、その外径は下ヒータ4cの内径より小さい。なお、シリコン単結晶製造中におけるつぼ3が昇降しても、ボトムヒータ14の上面がらつぼ3の下端と干渉しないように配置しておく。

[0085] 熱遮蔽物24は所定の長さを有する円筒形状に形成されており、その内径はボトムヒータ14の外径より大きく、その外径は下ヒータ4cの内径より小さい。このように形成された熱遮蔽物24は、断熱体5の底面に接してボトムヒータ14のほぼ上面の高さまで立設した態様で、下ヒータ4cとボトムヒータ14の間隙に配置されている。

[0086] 上記構成にしたことにより、下ヒータ4cとボトムヒータ14の相互熱干渉が抑制されるので、ボトムヒータ14によりつぼ3の底部を局所的に加熱することが可能になる。よって、「つぼ内温度分布」をさらに能動的に制御できるので、シリコン単結晶中の酸素濃度を所定の範囲内に収めて製造することがさらに容易になる。

実施例 4

[0087] 図6は、ほかの実施例を説明するための概念図である。

[0088] 実施例4のCZ装置1は、図1のCZ装置1と同様、チャンバ2の内部にらつぼ3、側面ヒータ4、断熱体5等を組み込んだ構造をしており、図1と共通する部分については同じ符号が記してある。以下において、それらについての説明を省き、それ以外の構成部分について詳述する。

[0089] 実施例4の装置には、実施例3と同様に、側面ヒータ4(上ヒータ4a、中ヒータ4b、下ヒータ4c)とともに、下ヒータ4cより下方位置にボトムヒータ14が設けられている。また、実施例1で説明した熱遮蔽物20、21とともに、下ヒータ4cとボトムヒータ14の間隙には熱遮蔽物25が設けられている。

- [0090] ボトムヒータ14は、実施例3の場合と同様、所定の長さを有する円筒形状に形成されており、その内径は支持軸9の外径より大きく、その外径は側面ヒータ4の内径より小さい。また、シリコン単結晶製造中になるつぼ3が昇降しても、ボトムヒータ14の上面がるつぼ3の下端と干渉しないように配置しておく。
- [0091] 熱遮蔽物25は所定の長さを有する円筒形状に形成されており、その内径はボトムヒータ14の外径より大きく、その外径は側面ヒータ4の内径より小さい。このように形成された熱遮蔽物25は、その円筒の上端をるつぼ3の下端外周に接し、その円筒の下端をボトムヒータ14の外周を囲むように垂下した態様で、下ヒータ4cとボトムヒータ14の間隙に配置されている。
- [0092] 上記構成にしたことにより、実施例3の場合とほぼ同様の効果が得られる。
- [0093] なお、熱遮蔽物24、25は必ずしも円筒形状に限る必要はなく、たとえば六角形のような形状であってもよい。
- [0094] 実施例1～4では、側面ヒータ4を3個とした態様で説明したが、側面ヒータ数は2個あるいは4個以上であってもよい。
- [0095] また、上記実施例では、すべての隣接するヒータの間隙に熱遮蔽物を設けていた。本発明はこれらに限られるものではなく、装置コスト・メンテナンス等を考慮して、任意に隣接するヒータの間隙に熱遮蔽物を配設してもよい。たとえば、図1において、熱遮蔽物20を除き、熱遮蔽物21のみを配置しておくことも好適に可能である。また、図5において、熱遮蔽物20を設けず、熱遮蔽物21、24のみを用いた装置とすることも可能である。
- さて、以上の熱遮蔽物はいずれも一体構造のものとして説明してきたが、本発明の熱遮蔽物はるつぼ3の周囲に沿って分割して配置されてもよい。
- [0096] 図7に、その1例として、図1において、るつぼ3の周囲に四個の熱遮蔽ブロックを配置して熱遮蔽物を構成した場合のP-P線における横断面図を示す。
- [0097] 同図において、熱遮蔽ブロック20aは同一形状をしており、互いに等間隔になるように配置されている。
- [0098] 特に、ヒータ4の外周に排気筒等が設けられた場合には、適宜熱遮蔽物を分割して、排気筒等に接触しない態様の配置をすればよい。

[0099] このように分割した熱遮蔽ブロックを設けても、単結晶製造時になるつぼ3が所定の周期で回転するので、熱的むらを十分緩和できるとともに、本発明の目的である隣接ヒータ間の相互熱干渉を抑制することができる。なお、熱遮蔽ブロックの形状、分割数、相互間隔等は、排気筒等の形状および単結晶製造条件に合わせて適宜決めることができる。

[0100] 熱遮蔽ブロックを用いる利点として、一体物に比較して加工および形成するのが容易になることと、チャンバ内への装着やメンテナンスが容易になることがあげられる。

[0101] なお、場合によっては、排気筒等の部位に熱遮蔽物を設けることもできる。

実施例 5

[0102] ヒータ間の熱放射を効果的に分離するためには、熱遮蔽物が相対的にヒータの発熱量が少ない領域に配置されるのが好ましい。そこで、広い範囲で単結晶の酸素濃度を制御するために、ヒータ4の上側領域と下側領域に大きい電力量(発熱量)を与え、一方、ヒータ4の中間領域に小さな電力量(発熱量)を与え、相対的に発熱量の小さな中間領域に熱遮蔽物を配置することが好ましい。なお、必ずしも熱遮蔽物をヒータ4の中央部に設ける必要はなく、求められる単結晶品質により、熱遮蔽物の位置を適宜決定することができる。

[0103] 図8は、本願発明の熱遮蔽物を適用したほかの実施例を説明するための断面概念図である。

[0104] 実施例5では、図8に示すように、断熱材5の内側表面と側面ヒータ4の外側表面で構成される空間の略中央部に、ヒータの外表面から所定の距離を有して熱遮蔽物80が配置されている。また、側面ヒータ4は、上下3段の側面ヒータ4(上ヒータ4a、中間ヒータ4b、下ヒータ4c)で構成されている。なお、図8では、図示していないが、下ヒータ4cの更に下段にあって、るつぼ3の底面に、円環状のボトムヒータを設けてもよい。

[0105] 以下に述べるように、熱遮蔽物80は、ヒータ全体として比較的発熱量が少ない領域に配置される。

[0106] 図9は、上ヒータ4a、中間ヒータ4b、下ヒータ4cを展開した展開図であり、実施例5に適用した側面ヒータ4の構成を示している。

[0107] 図9に示すように、各ヒータは、独立して電力が供給されるものであり、通電されるこ

とによって発熱する導体で構成されている。各ヒータに対応して独立した電源が設けられている。

- [0108] すなわち、各ヒータ4a、4b、4c毎に、プラス電極4a1、4b1、4c1、マイナス(アース)電極4a2、4b2、4c2、を備えている。各ヒータ4a、4b、4cに印加される電圧を独立して調整することによって発熱量、つまりるつぼ3に対する加熱量を独立して調整することができる。
- [0109] 上ヒータ4a用電源の電圧が、ヒータ4aのプラス電極4a1、マイナス電極4a2間に印加されることによって上ヒータ4aに電流が流れ、発熱する。上ヒータ4a用電源の電圧を変化させることで、上ヒータ4aの発熱量が調整され、るつぼ3の上側の加熱量が制御される。
- [0110] また、中間ヒータ4b用電源の電圧が、ヒータ4bのプラス電極4b1、マイナス電極4b2間に印加されることによって中間ヒータ4bに電流が流れ、発熱する。中間段ヒータ用電源の電圧を変化させることで、中間ヒータ4bの発熱量が調整され、るつぼ3の中央部の加熱量が制御される。
- [0111] また、下ヒータ4c用電源の電圧が、ヒータ4cのプラス電極4c1、マイナス電極4c2間に印加されることによって下ヒータ4cに電流が流れ、発熱する。下ヒータ4c用電源の電圧を変化させることで、下ヒータ4cの発熱量が調整され、るつぼ3の下側の加熱量が制御される。
- [0112] 上ヒータ4aについては、電流流路の幅が、ヒータ上部の幅c1よりもヒータ下部の幅c2の方が広くなるように構成している。これにより、上ヒータ4aの電流通過断面積は、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が広くなり、それに応じて抵抗値は、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が小さくなり、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が相対的に発熱量が少なくなる。
- [0113] 一方、下ヒータ4cについては、電流流路の幅が、ヒータ下部の幅c1よりもヒータ上部の幅c2の方が広くなるように構成している。これにより、下ヒータ4cの電流通過断面積は、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が広くなり、それに応じて抵抗値は、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が小さくなり、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が相対的に発熱量が少なくなる。

- [0114] これに対して、中間ヒータ4bについては、電流流路の幅が、ヒータ各部で同じ幅c1になるように構成されている。なお、上ヒータ4a、下ヒータ4cに比して、中間ヒータ4bの発熱量が少なくなるように、中間ヒータ4bの電流流路の幅を、上ヒータ4a、下ヒータ4cの電流流路の最大幅(c2)と同等か、それ以上の大きさの幅にしてもよい。
- [0115] 上記した上ヒータ4a、中間ヒータ4b、下ヒータ4cは、それぞれ独立して発熱量を制御できるので、たとえば中間ヒータ4bの発熱量が上ヒータ4aおよび下ヒータ4cの発熱量より小さくなるように制御できる。
- [0116] 実施例5では、図8に示すように、熱遮蔽物80が、上ヒータ4aおよび下ヒータ4cに比較して発熱量が相対的に少なくなるように制御された中間ヒータ4bの略中央部外側近傍に配置される。
- [0117] なお、実施例5では、ヒータ各部の電流流路の幅cを変化させて、ヒータ各部の発熱量を変化させているが、たとえばヒータ各部の電流流路の幅cを一定とし、ヒータ各部の電流流路の肉厚を変化させることでヒータ各部の発熱量を変化させてもよい。
- [0118] 図8の図中において、実施例5による加熱領域(実線G)および従来の3段ヒータによる加熱領域(破線H)を示す。従来の3段ヒータを使用した場合、加熱領域は中央段ヒータ領域において十分分離されていないが、実施例5の場合、ヒータ4の上下方向の加熱領域が中央段ヒータ領域において十分分離されるとともに、ヒータ4の上部および下部領域の加熱領域に方向性を持たせられる。
- [0119] 以上のように、実施例5によれば、熱遮蔽物80を中間ヒータ4bの外周面近傍に配置したことにより、上ヒータ4aと下ヒータ4cの熱放射の方向性を高めることができる。また、上ヒータ4aの上部側と下ヒータ4cの下部側の発熱量を相対的に大きくすることができるので、たとえば中間ヒータ4bの熱放射量を適宜設定することによって、全体としてのヒータ4の上部領域および下部領域から方向性の高い熱放射を行うことが可能になる。

実施例 6

- [0120] 図10は、本願発明の熱遮蔽物を用いたさらにほかの実施例を説明するための断面概念図である。
- [0121] 図10において、断熱部材5の内側表面と側面ヒータ4の外側表面で構成される空

間の略中央部に、側面ヒータ4の表面から所定の距離を有して熱遮蔽物100が配置されている。また、ヒータは、上下2段の側面ヒータ4(上段ヒータ4a、下段ヒータ4c)で構成されている。なお、図10では、図示していないが、下ヒータ4cの更に下段にあって、るつぼ3の底面に、円環状のボトムヒータを設けてもよい。

[0122] 以下に述べるように、熱遮蔽物100は、ヒータ全体として比較的発熱量が少ない領域に配置される。

[0123] 図11は、上ヒータ4a、下ヒータ4cを展開した展開図であり、実施例6に適用する側面ヒータ4の構成を示している。

[0124] 図11に示すように、各ヒータは、独立して電力が供給されるものであり、通電されることによって発熱する導体で構成されている。各ヒータに対応して独立した電源が設けられている。

[0125] すなわち、上ヒータ4a、下ヒータ4cは、独立して電力が供給されるものであり、通電されることによって発熱する導体で構成されている。すなわち、各ヒータ4a、4cに対応して独立した電源が設けられており、各ヒータ4a、4c毎に、プラス電極4a1、4c1、マイナス(アース)電極4a2、4c2を備えている。各ヒータ4a、4cに印加される電圧を独立して調整することによって発熱量、つまりるつぼ3に対する加熱量を独立して調整することができる。

[0126] 上ヒータ4a用電源の電圧が、上ヒータ4aのプラス電極4a1、マイナス電極4a2間に印加されることによって上ヒータ4aに電流が流れ、発熱する。上ヒータ4a用電源の電圧を変化させることで、上ヒータ4aの発熱量が調整され、るつぼ3の上側の加熱量が制御される。

[0127] また、下ヒータ4c用電源の電圧が、下ヒータ4cのプラス電極4c1、マイナス電極4c2間に印加されることによって下ヒータ4cに電流が流れ、発熱する。下ヒータ4c用電源の電圧を変化させることで、下ヒータ4cの発熱量が調整され、るつぼ3の下側の加熱量が制御される。

[0128] また、実施例6のヒータ4の場合、上ヒータ4aについては、電流流路の幅が、ヒータ上部の幅c1よりもヒータ下部の幅c2の方が広くなるように構成している。これにより、上ヒータ4aの電流通過断面積は、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が広くなり、それに

応じて抵抗値は、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が小さくなり、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が相対的に発熱量が少なくなる。

[0129] 一方、下ヒータ4cについては、電流流路の幅が、ヒータ下部の幅c1よりもヒータ上部の幅c2の方が広くなるように構成している。これにより、下ヒータ4cの電流通過断面積は、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が広くなり、それに応じて抵抗値は、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が小さくなり、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が相対的に発熱量が少なくなる。

[0130] さらに、図11に示すように、上ヒータ4aは、その一部の電流流路が、下段ヒータ4cの上端位置に相当する位置よりも下方の位置まで入り込むように形成されているとともに、下ヒータ4cは、その一部の電流流路が、上ヒータ4aの下端位置に相当する位置よりも上方の位置まで入り込むように形成されている。

[0131] これにより、図10に示す実施例6の上下ヒータ4a、4cを全体としてみたとき、ヒータ4全体の上側領域の発熱量、ヒータ4全体の下側領域の発熱量に比較して、ヒータ4全体の間領域の発熱量が、少なくなる。

[0132] 実施例6では、熱遮蔽物100が、ヒータ4全体として比較的発熱量が少ない中間領域の略中央部に配置される。

[0133] なお、図11の実施例6のヒータを構成するに際して、スリットの数に制限はなく、所望するヒータ抵抗値に合わせてスリットの数を設定すればよい。

[0134] また、ヒータを構成する電流流路の間隔(スリット幅)、上ヒータ4aと下ヒータ4cの間隔(上下ヒータ間隔)は、例えば10～30mm程度に設定することが望ましい。これらの間隔を広くすると、隙間からの熱の逃げが多くなり、本発明の効果が得られ難くなり、逆に間隔を狭くすると、放電の可能性が高くなり、プロセス自体が成立しなくなることがあるからである。

[0135] 図11の図中において、実施例6による加熱領域(実線I)および従来の2段ヒータによる加熱領域(破線J)を示す。従来の2段ヒータを使用した場合、加熱領域は側面ヒータ4全体の間領域において十分分離されていないが、実施例6の場合、加熱領域が側面ヒータ4の間領域において十分分離されるとともに、側面ヒータ4の上部および下部領域の加熱領域の方向性を高めることができる。

[0136] 以上のように、実施例6によれば、熱遮蔽物100を側面ヒータ4の中間領域近傍に配置したことにより、上ヒータ4aと下ヒータ4cの熱放射の方向性を高めることができる。また、上ヒータ4aの上部側と下ヒータ4cの下部側の発熱量を相対的に大きくすることができるので、全体としてのヒータ4の上部領域および下部領域から方向性の高い熱放射を行うことが可能になる。

[0137] 以上説明したように、本発明の装置によれば、複数のヒータおよび対向物とで構成される空間またはその空間近傍に熱遮蔽物が設けられているため、ヒータの加熱領域を局所化させることができる。その結果、「るつぼ内温度分布」を能動的に制御できるので、高酸素濃度の単結晶から低酸素濃度の単結晶まで、所定の酸素濃度規格範囲の単結晶を歩留まりよく製造することができる。

[0138] また、本発明の装置の場合、チャンバを特に変更する必要がなく低コストで装置改造ができること、所定ヒータの加熱領域を局所化して効率よく加熱制御を行うことができるので、単結晶製造にかかる消費電力を従来に比べて低減できること等の利点がある。

[0139] 以上においてはシリコン単結晶の製造に用いた実施例を説明したが、本発明はこれに限られることなく本発明の主旨を逸脱しないかぎりガリウム砒素(GaAs)等の半導体単結晶製造においても同様に適用できる。

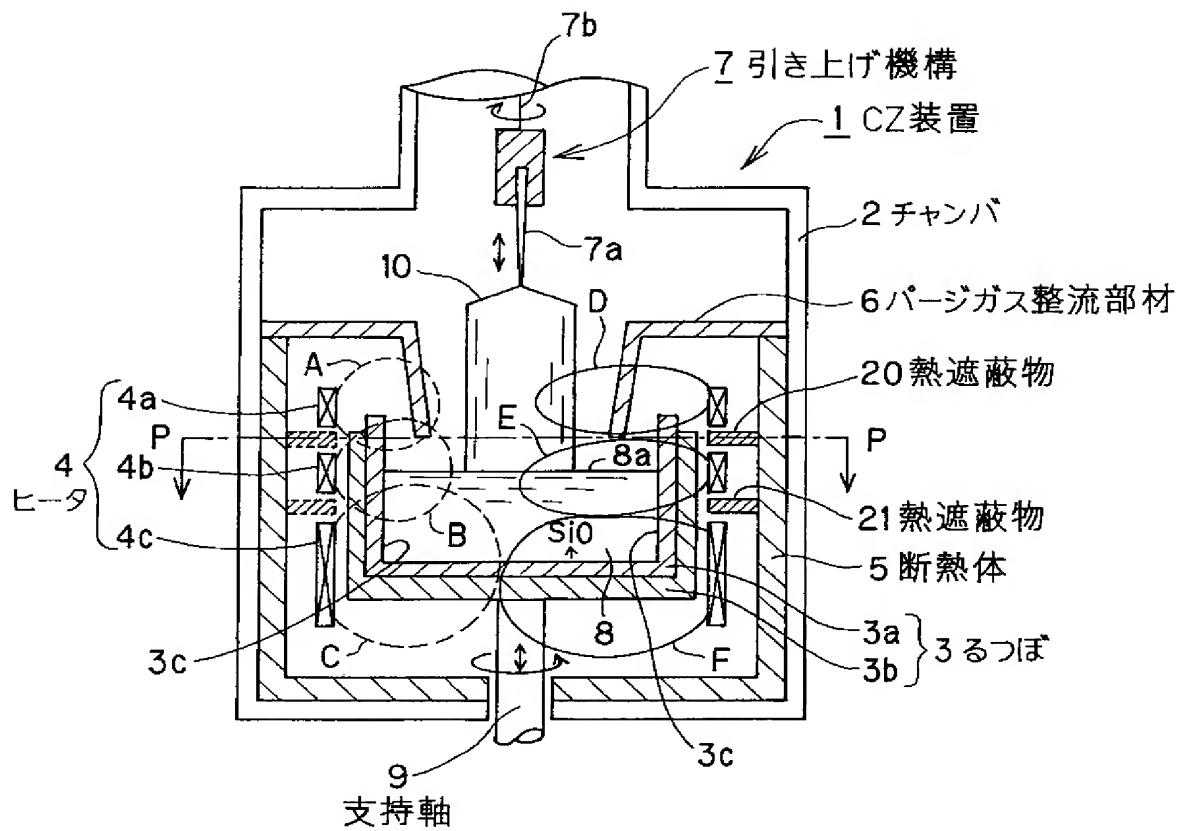
産業上の利用可能性

[0140] 本発明の半導体単結晶製造装置により、広範囲の酸素濃度および所定の酸素濃度規格範囲が要求される半導体ウェーハ用の半導体単結晶を、安価にしかも安定して市場に供給することができる。

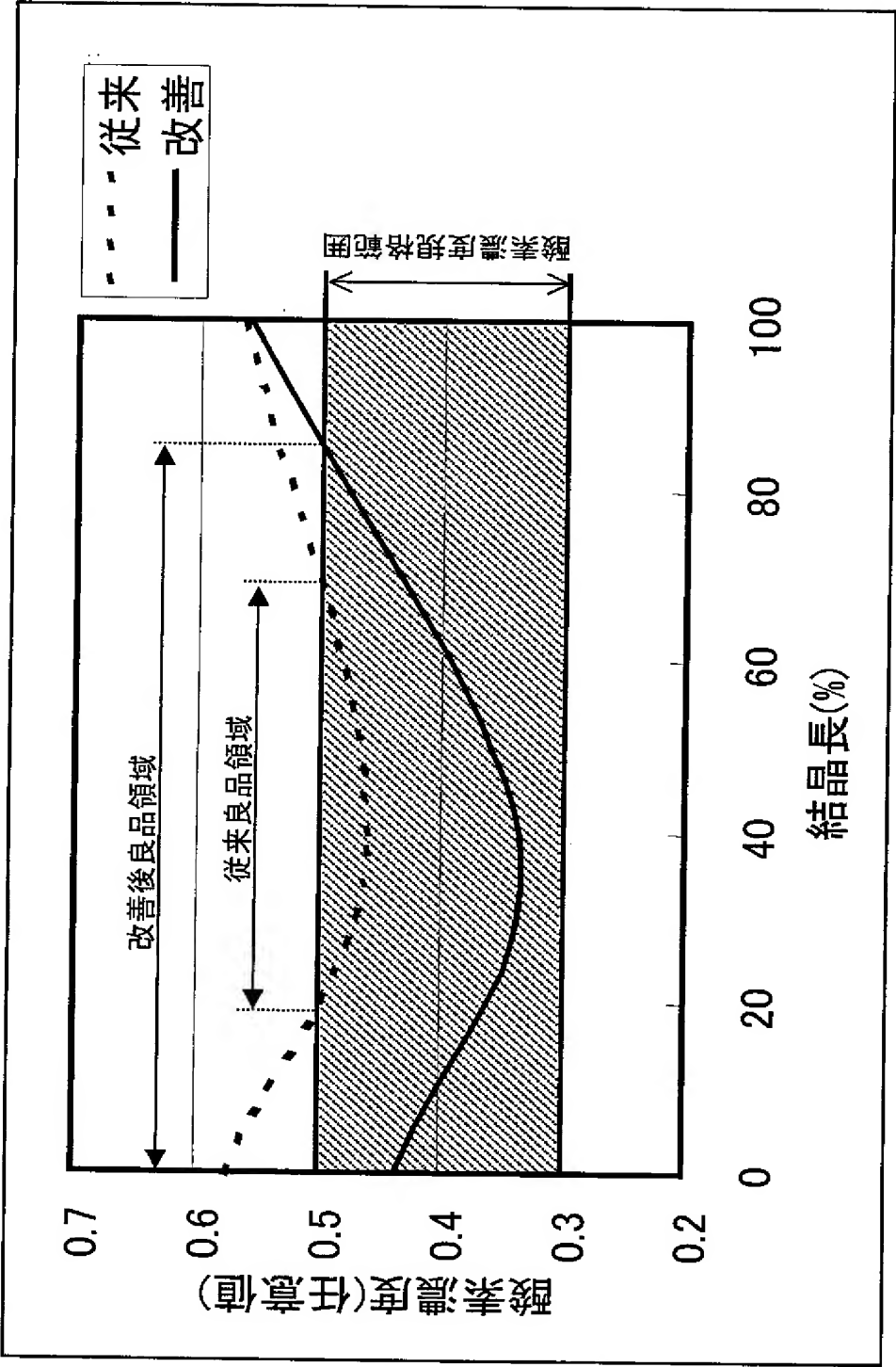
請求の範囲

- [1] 半導体単結晶の原料の融液を貯留するつぼと、前記原料を加熱溶融するために前記つぼの外側にあつて上下方向に複数のヒータとを備えたチョクラルスキー法による半導体単結晶製造装置において、
- 前記複数のヒータの外側にあつて、前記複数のヒータに対向し配置される対向物と前記つぼの間の空間またはその空間近傍に熱遮蔽物が設けられていることを特徴とする半導体単結晶製造装置。
- [2] 前記複数のヒータの外側に対向し存在する対向物が断熱材であることを特徴とする請求項1記載の半導体単結晶製造装置。
- [3] 前記熱遮蔽物は、複数ヒータの間隙またはその間隙近傍の位置に設けられていることと
- を特徴とする請求項1記載の半導体単結晶製造装置。
- [4] 前記各ヒータは、独立して電力が供給され、
- 全ヒータによる発熱分布のうち、相対的に発熱量が少ない領域近傍の位置に前記熱遮蔽物が設けられていること
- を特徴とする請求項1または2記載の半導体単結晶製造装置。
- [5] 前記発熱量の少ない領域は、
- 上側に位置するヒータについては、ヒータ上部よりもヒータ下部の方が相対的に発熱量が少なくなるように、ヒータ各部における抵抗値が調整され、
- 下側に位置するヒータについては、ヒータ下部よりもヒータ上部の方が相対的に発熱量が少なくなるように、ヒータ各部における抵抗値が調整されていること
- を特徴とする請求項4記載の半導体単結晶製造装置。
- [6] 前記つぼの全周に渡つて前記熱遮蔽物が設けられていることを特徴とする請求項1乃至5記載の半導体単結晶製造装置。
- [7] 前記熱遮蔽物を構成する材料が黒鉛繊維材又は黒鉛を含むことを特徴とする請求項1乃至5記載の半導体単結晶製造装置。
- [8] 熱遮蔽物がるつぼの外側に設けられた請求項1記載の半導体単結晶製造装置に使用されることを特徴とする黒鉛つぼ。

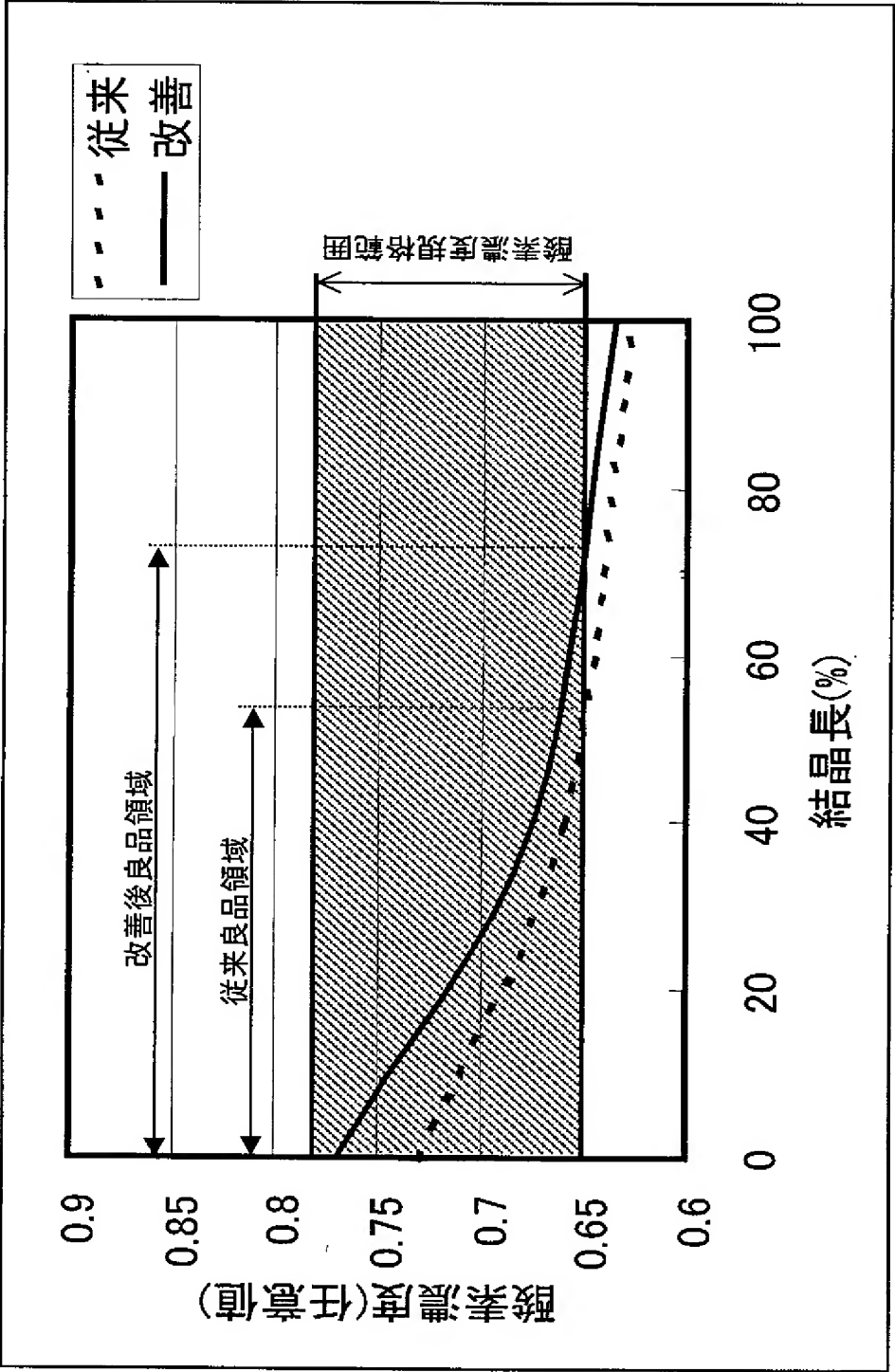
[図1]



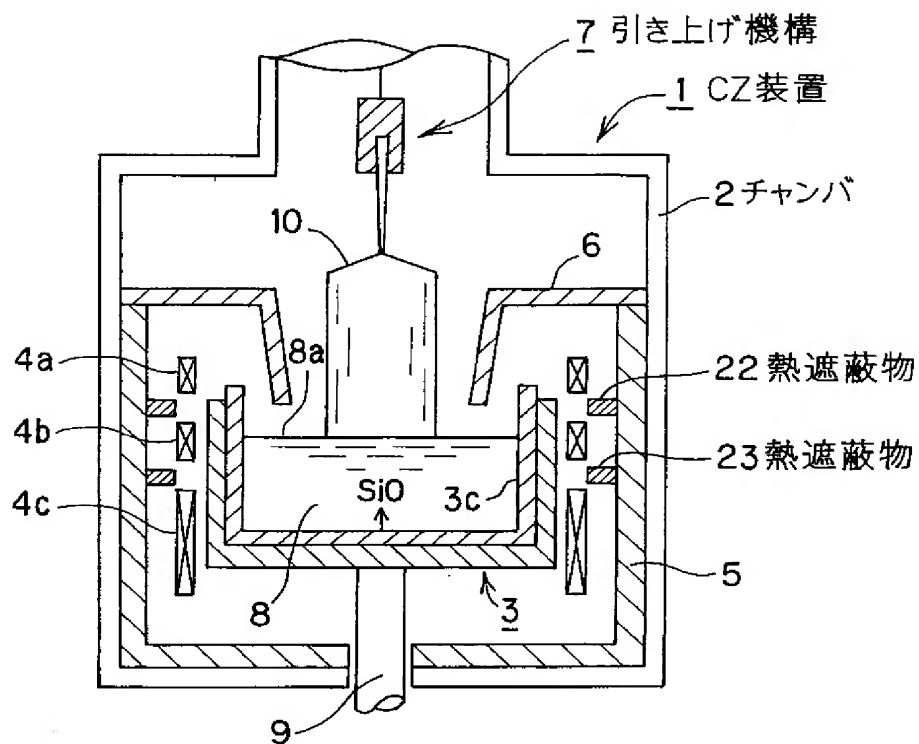
[図2]



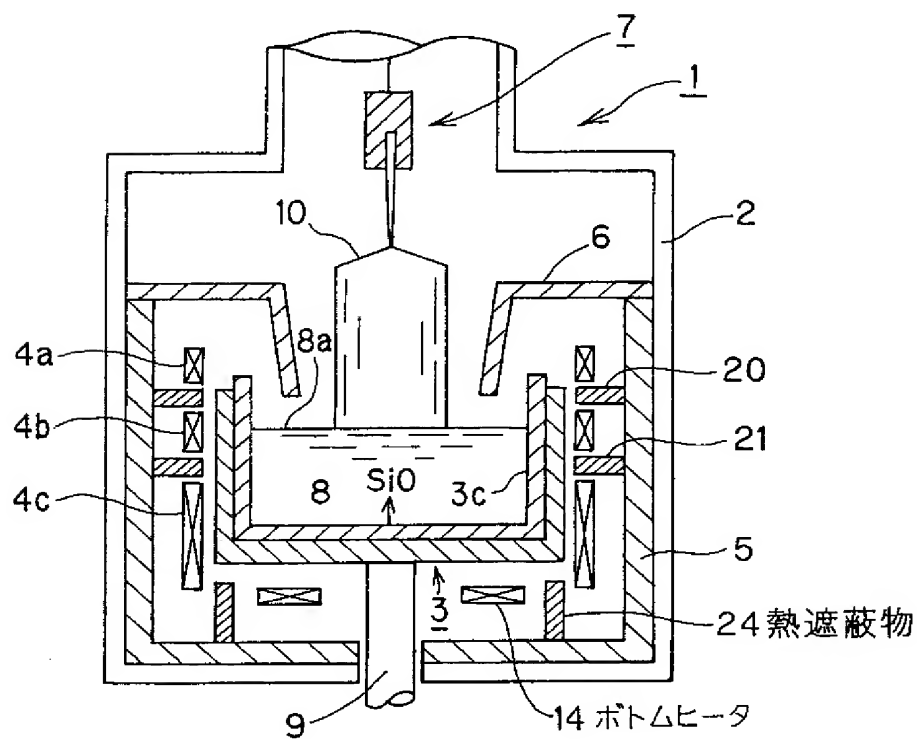
[図3]



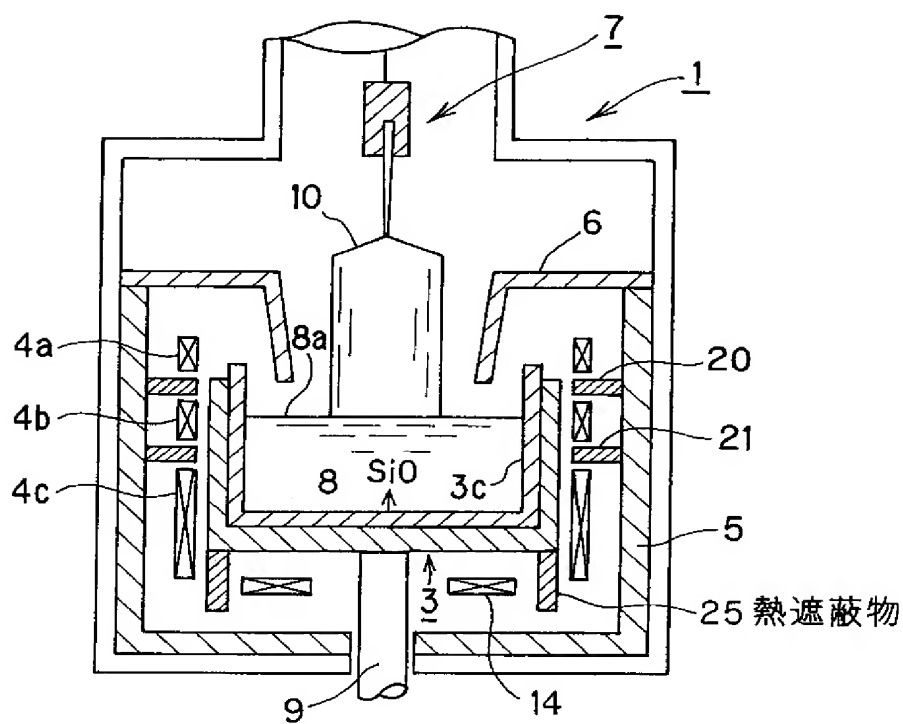
[図4]



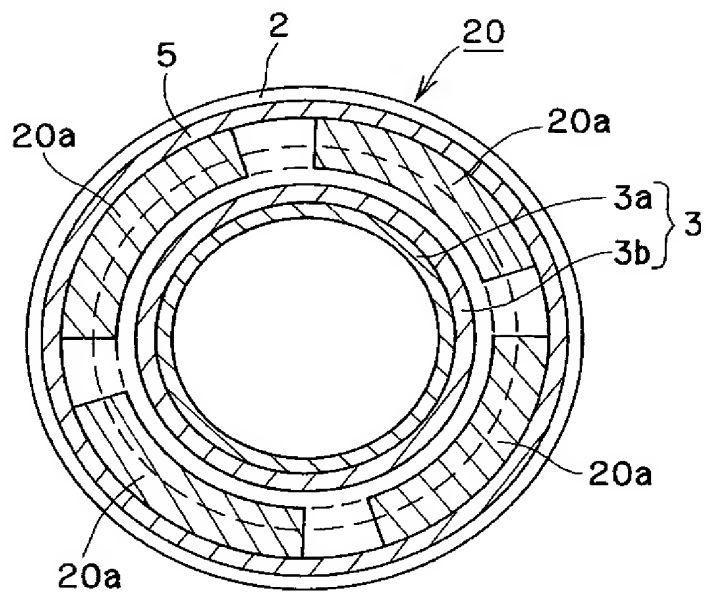
[図5]



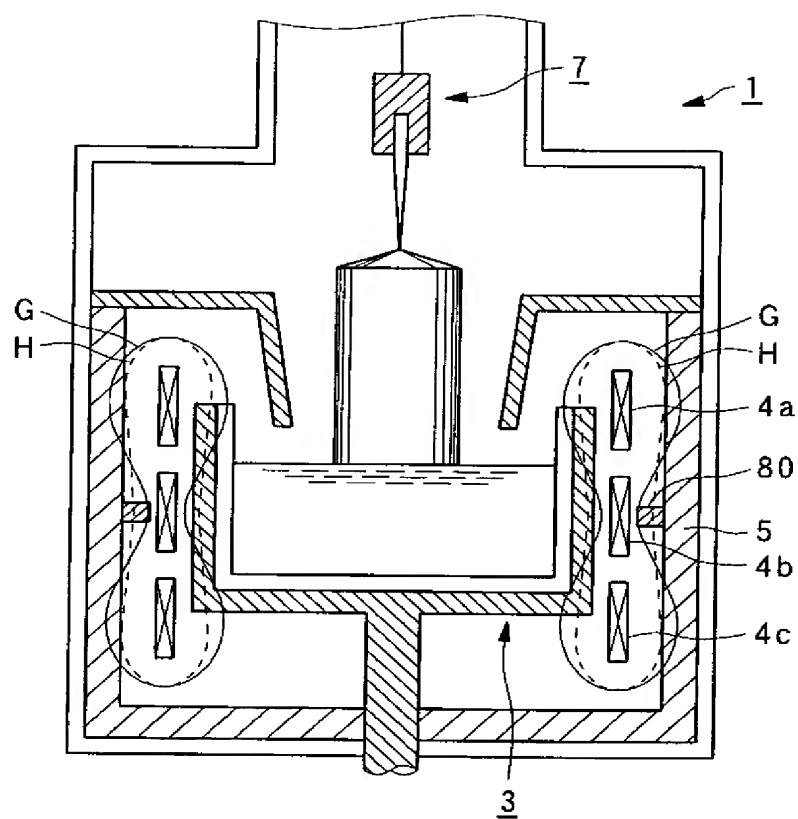
[[図6]]



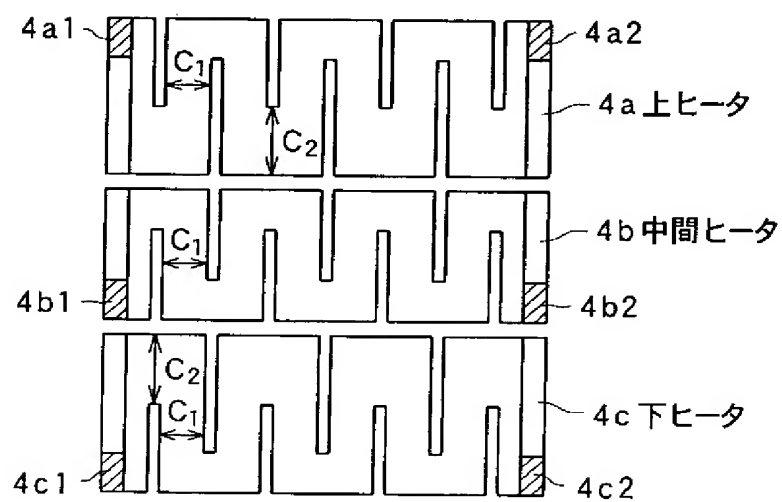
[[図7]]



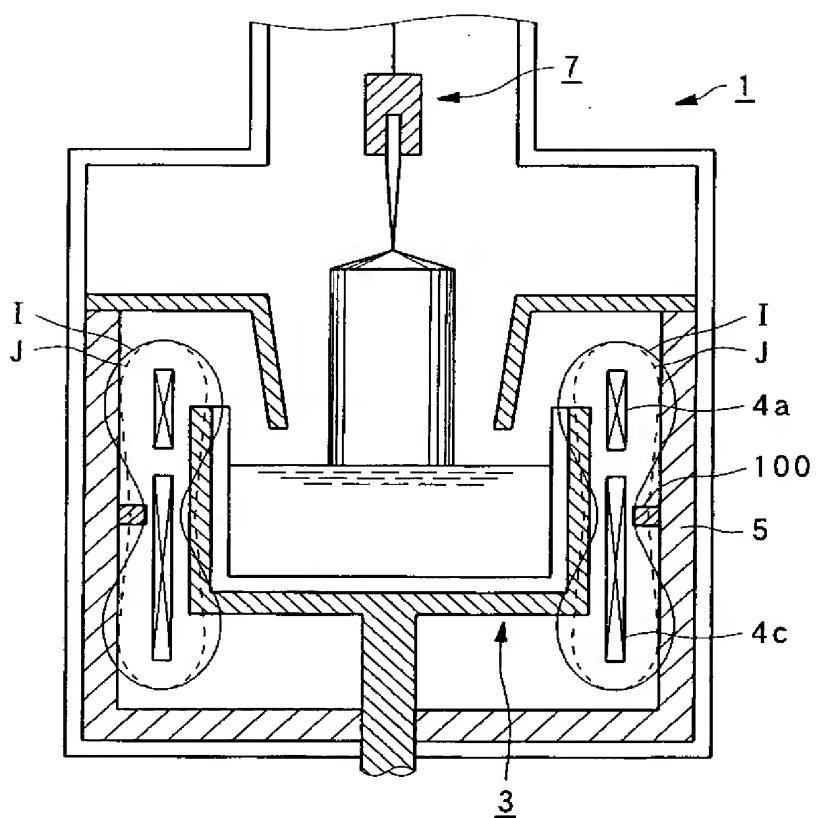
[図8]



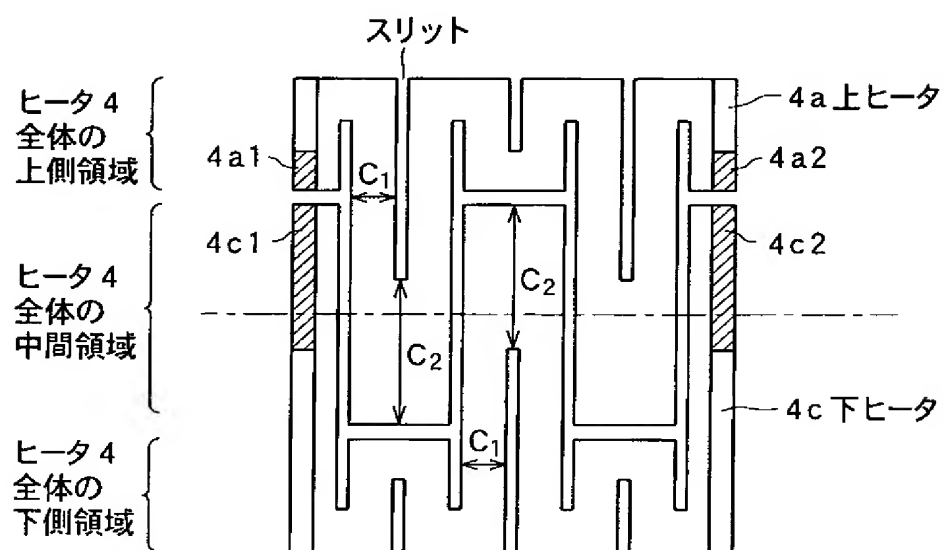
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ C30B29/06, 15/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ C30B29/06, 15/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 62-153191 A (Mitsubishi Metal Corp.), 08 July, 1987 (08.07.87), Page 2, upper left column, line 5 to lower left column, line 6; Fig. 1 (Family: none)	1-3, 6-8 4, 5
Y A	JP 9-263484 A (Sumitomo Sitix Corp.), 07 October, 1997 (07.10.97), Par. Nos. [0005] to [0008]; Fig. 1 & US 6080238 A	1-3, 6-8 4, 5
Y A	JP 5-070276 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 23 March, 1993 (23.03.93), Par. Nos. [0004] to [0010], [0013] to [0015]; Fig. 2 (Family: none)	1-3, 6-8 4, 5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 May, 2005 (10.05.05)Date of mailing of the international search report
31 May, 2005 (31.05.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006321

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-270797 A (Wacker NSCE Kabushiki Kaisha), 02 October, 2001 (02.10.01), Par. No. [0018]; Fig. 1 (Family: none)	8
A	JP 2001-039792 A (Mitsubishi Material Silicon Kabushiki Kaisha), 13 February, 2001 (13.02.01), Par. Nos. [0024] to [0027]; Figs. 2, 3 (Family: none)	5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ C30B29/06, 15/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ C30B29/06, 15/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 62-153191 A (三菱金属株式会社) 1987.07.08, 第2頁左上欄5行-左下欄6行, 【第1図】 (ファミリーなし)	1-3, 6-8 4, 5
Y A	JP 9-263484 A (住友シチックス株式会社) 1997.10.07, 【0005】-【0008】, 【図1】 & US 6080238 A	1-3, 6-8 4, 5
Y A	JP 5-070276 A (住友電気工業株式会社) 1993.03.23, 【0004】-【0010】, 【0013】-【0015】, 【図2】 (ファミリーなし)	1-3, 6-8 4, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって、出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.05.2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

真々田 忠博

4G

3551

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-270797 A (ワッカー・エヌエスシーイー株式会社) 2001.10.02, 【0018】, 【図1】 (ファミリーなし)	8
A	JP 2001-039792 A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 2001.02.13, 【0024】-【0027】, 【図2】, 【図3】 (ファミリーなし)	5